

Implementación del sistema “Telemetría Agrícola” para el manejo y análisis de estrategias de riego deficitario controlado en el cultivo de tomate

Flavio Capraro¹, Santiago Tosetti¹, Vicente Mut¹, Pedro Campillo¹,
Alfredo Olguín², Daniela Pacheco²

¹ Instituto de Automática (UNSJ – CONICET), Av. Lib. Gral San Martín 1112 (o)
Ciudad Capital, San Juan, ARGENTINA

{fcaprarro, stosetti, vmut, campillo}@inaut.unsj.edu.ar
<http://www.inaut.unsj.edu.ar>

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA San Juan), Calle 11 y Vidart.
Departamento Pocito, San Juan, ARGENTINA

{olguin.alfredo, pacheco.daniela}@inta.gob.ar

Resumen. Los desarrollos de nuevos sistemas de telemetría agrícola forman parte de un conjunto de herramientas modernas que permiten la gestión y toma de decisiones en la agricultura de precisión, logrando la recopilación sistemática de datos, el procesamiento de la información, y la monitorización y control remoto de distintos procesos. En el trabajo se presenta los distintos elementos que conforman el sistema de “Telemetría Agrícola” y su utilización en el manejo preciso del riego en una parcela experimental de cultivo de tomate con destino a industria, con sistema de riego por goteo. Con el sistema de telemetría se logró registrar y monitorizar la información referida al clima, riego y cultivo durante la implementación de tres tratamientos de riego deficitario controlado (RDC), donde se repuso el 40%, 70% y 100% del consumo hídrico del cultivo durante el periodo de invierno a cosecha. El ensayo se realizó durante la temporada 2017/2018, en la provincia de San Juan, Argentina. Finalmente se presenta la información obtenida con el sistema de telemetría y un breve análisis de los resultados logrados en cada tratamiento de riego.

1 Introducción

En la provincia de San Juan, ubicada en la región de Cuyo hacia el oeste de Argentina, el tipo de agricultura que se desarrolla es altamente dependiente de la implementación de sistemas de riego, particularmente debido a la alta demanda hídrica de los cultivos y al reducido aporte de agua por lluvia (90 a 110mm anuales) que generalmente se dan en época estival.

En el orden local, se ha identificado la necesidad de incorporar tecnologías de gestión en el mercado agrícola primario, a fin de alcanzar el desarrollo de una agricultura moderna y lograr el manejo eficiente del riego; es por ello que en el Instituto de Automática, en el año 2017, se inicia el desarrollo de un sistema de telemetría agrícola [1] capaz de realizar la medición y monitorización de diversas variables (intra campo) que se adapte al tipo de agricultura local y a las necesidades de gestión a fin de conocer (en tiempo real) el desarrollo de los cultivos, el funcionamiento de los equipos de riego y las condiciones climáticas que afectan la zona cultivada.

El sistema “Telemetría Agrícola” integra diferentes herramientas tecnológicas que permiten al productor gestionar el riego con precisión (sensores, aplicaciones informáticas, gestión en línea del riego, reportes sobre aplicación del riego, consumo hídrico de los cultivos, etc.). El desarrollo se ha basado en las técnicas modernas de telemetría; la estructura y los dispositivos que lo componen se presentaron en [2].

Resulta interesante lograr la puesta en marcha del sistema en una zona cultivada a fin de evaluar el desempeño y beneficios asociados a su implementación. A nivel local existe interés en conocer la productividad del cultivo de tomate con destino a industria, lo cual motiva a realizar una experiencia de riego deficitario controlado.

El tomate es una de las hortalizas más importantes en el mundo; su consumo aumenta continuamente y con ello la superficie cultivada, la producción y la comercialización [3]. Anualmente se producen en el mundo más de 150 millones de toneladas, siendo el 25% destinado a la industrialización. Más del 70% del tomate para industria se utiliza en la obtención de pasta, mientras que, con el resto, se elaboran conservas, jugo de tomate, salsas y deshidratados [4].

Argentina aporta el 1% de la producción mundial. Las principales provincias productora son Mendoza y San Juan, logrando el 44% y 28% de la producción respectivamente. En Mendoza, los productores nucleados en la Asociación Tomate 2000 cosechan 63 toneladas promedio por hectárea; mientras que en San Juan, los productores de Tomate 2000, cosechan 104 toneladas por hectárea [5]. El incremento significativo de los rendimientos se ha debido a la incorporación de un paquete tecnológico que incluye: preparación de suelo, selección de cultivares, sistemas de riego por goteo, fertilización asistida, control de plagas y enfermedades, entre otros [6]. Dado que el tomate es un producto comoditie, el aumento del rendimiento es fundamental para ganar competitividad [5]. Ello remarca la importancia de incorporación nuevas herramientas de gestión sobre el manejo del cultivo y programación del riego.

1.2 Telemetría Agrícola

La telemetría es una técnica moderna que permite la recopilación de datos a grandes distancias de manera que se logra obtener información precisa sobre un elemento remoto. Debido a los grandes avances que se han logrado en el desarrollo de dispositivos electrónicos y de comunicación, la telemetría es una herramienta muy difundida en el ámbito aeroespacial e industrial, porque permite la recolección de información

de manera inalámbrica que posibilita llevar adelante acciones de manejo de instrumentos, equipamiento, o procesos de forma remota.

Se observa la recientemente incorporación de estas tecnologías en la agricultura. La agricultura está viviendo un proceso de modernización, donde se busca uniformizar el rendimiento de una explotación agrícola mediante el análisis sobre la variabilidad espacial y temporal de lo que ocurre en cada campaña (Agricultura de Precisión); ello acompañado de objetivos como: alcanzar eficiencia en el uso de los recursos empleados, mejorar la rentabilidad, lograr la sustentabilidad del negocio, y otros.

Los sistemas de telemetría en la agricultura son considerados como una herramienta innovadora y necesaria para la gestión de los recursos en cualquier tipo de explotación agrícola. Esta técnica es usada para obtener datos de campo, como ser condiciones en el suelo, de los cultivos, el clima, maquinaria, personal, insumos, cosecha, etc., y requiere de la instalación de estaciones de medición equipadas con sensores adecuados (que permitan medir y registrar las variables y/o parámetros de interés) y equipos de comunicación para transmitir los datos; de esta manera se puede conocer el estado de humedad del suelo, condiciones de los cultivos, condiciones climáticas que puedan ser desfavorables, saber el posicionamiento de las máquinas en el lote y sus rendimientos, entre otros más. Toda la información se transmite a la estación base, donde los ordenadores almacenan, analizan e interpretan los datos (mediante softwares específicos) a fin de generar información clasificada que administran los productores mediante aplicaciones tipo web o de teléfono móvil.

1.4 Análisis de situación local

La integración y el uso de nuevas herramientas resultan propicios para el desarrollo de una nueva agricultura sustentable en la provincia de San Juan, considerando especialmente la alta dependencia y demanda del riego en los emprendimientos agrícolas que allí se desarrollan. Los productores agrícolas se ven forzados a dejar los sistemas de riego tradicionales (por inundación o por surco) reemplazándolos por la modernos sistemas de riego presurizado (por goteo, micro-aspersión, sub-superficial). Además de incorporar nuevas tecnologías en la aplicación, también se debe agregar herramientas de gestión para alcanzar la mayor productividad del agua.

En orden al cultivo del tomate, en San Juan se obtiene el mayor rendimiento nacional (a campo), incluso comparándose a otras partes del mundo, como ser en la Región Metropolitana de Chile [7] o en Extremadura, España [8], se puede observar que el rinde promedio alcanzado a nivel local es superior. Sin embargo, la concentración de sólidos solubles es insuficiente (del 4,7 °brix) siendo que se requiere obtener una concentración de 5 °brix [4]. Según se analiza en [9], el máximo rendimiento y calidad en la producción hortícola sólo puede obtenerse si se generan tecnologías adaptadas a las condiciones específicas de suelo, cultivo y clima de cada lugar. Ello motivo a desarrollar una estrategia de riego deficitario controlado (RDC) a fin de evaluar las condiciones locales y optimizar la eficiencia de uso del agua.

2 Métodos y materiales

2.1 Descripción del experimento a campo

El ensayo a campo se ha realizado en un cuadro de tomates con destino a industria (figura 1). El cuadro se ubicó dentro de la estación experimental de INTA San Juan, localidad de Pocito (coordenadas 31° 29' 27" S; 68° 35' 13" O). El periodo de ensayo fue de 120 días, iniciándose con la implantación de los plantines el día 20/09/2017 (semana 38 del año) y culminando con la cosecha el día 18/01/2018. Se implantaron dos variedades de tomate (Harris Moran 7883 y Harris Moran 1892).

Se realizó un diseño experimental aleatorizado en parcelas divididas. La parcela principal se define en función del tratamiento de riego (tres tratamientos) y la parcela secundaria según la variedad del cultivo. La separación entre hileras fue de 150cm y entre plantas 29 cm (densidad de plantación: 23000 planta/ha). El diseño estadístico consistió en dividir el cuadro en cuatro bloques (repeticiones), como se indica en la figura 2,a. Cada bloque contiene 3 parcelas (12 parcelas en total), que se observan en la figura 2,b. En cada parcela hay tres hileras de 14 m de longitud (63 m²). Las mediciones de potencial y conductancia estomática se realizaron aleatoriamente sobre plantas ubicadas en la línea central de la parcela y en el tramo central (5 m) de la misma hilera, lo cual corresponde a la evaluación de 17 plantas por parcela.

Se instaló un sistema de riego por goteo, con emisores de 1,05 L/h de capacidad y separados a 30cm, con un lateral portaemisores por cada hilera de plantas. El sistema de riego se subdividió en tres unidades para lograr el riego diferenciado de cada tratamiento. La tasa de precipitación bruta (Pr) del sistema de riego es de 2,33 mm/h.

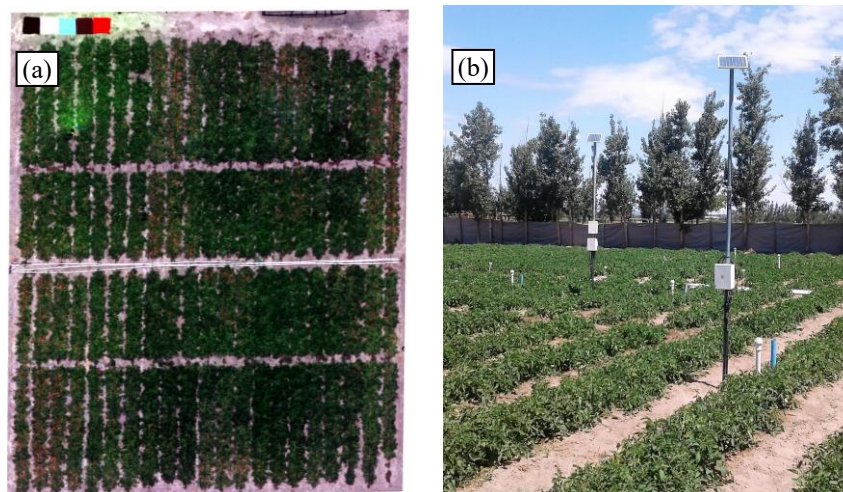


Fig. 1. Cuadro experimental de tomate con destino a industria. (a) Imagen aérea de la zona cultivada. (b) Fotografía dentro del ensayo transcurrido 40 días de desarrollo.

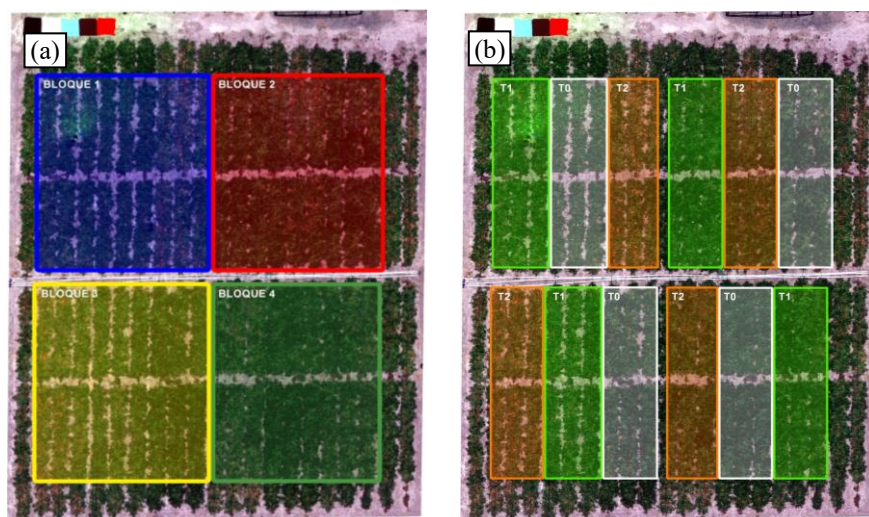


Fig. 2. Diseño estadístico del ensayo de riego. (a) Demarcación de cuatro bloques de experimentación. (b) Demarcación de 12 parcelas (tratamiento de riego aplicado T0, T1 y T2).

2.2 Gestión del riego y tratamientos

El periodo de riego se estableció en 24hs, iniciándose las operaciones de riego a las 9hs de cada día. La cantidad de agua a aplicarse en cada riego se determinó a fin de reponer el 100% de las necesidades hídricas del cultivo (ETc), según la metodología recomendada en [10]; en base a la evapotranspiración de referencia (ET0) diaria y al coeficiente de cultivo (Kc) sugeridos en [6], según se expresa en (1).

$$ETc [mm] = ET0 * Kc \quad (1)$$

Dado que el sistema de riego localizado, se puede considerar que las pérdidas de agua por escurrimiento superficial y percolación son nulas, al igual que el aporte por ascenso capilar. De esta manera, el riego neto (Rn) se obtiene de la demanda del cultivo menos el aporte de agua proveniente de lluvias efectivas (LL), según se expresa en (2). El aporte de agua por lluvias efectivas es escaso en la provincia de San Juan.

$$Rn [mm] = ETc - LL \quad (2)$$

El tiempo de riego (Tr) de cada operación se determinó por la relación entre el riego neto requerido al iniciarse cada operación de riego y la cantidad de agua que entrega el equipo de riego, según se expresa en (3)

$$Tr [h] = Rn / Pr \quad (3)$$

Desde el aspecto agronómico, este ensayo de campo se realizó con el fin de conocer y evaluar los efectos del riego deficitario controlado en tomate con destino a industria, desde la época de envero (tomando como referencia la presencia del 10% de frutos maduros en las plantas), desde el día 12/12/2017 hasta la cosecha (día

18/1/2018) con el fin de evaluar la productividad bajo los diferentes regímenes de riego. Para ello se establecieron tres tratamientos de riego diferenciados:

T0: Tratamiento testigo. Reposición del 100% de la ETc consumida.

T1: tratamiento con riego deficitario controlado 1. Reposición del 70% de la ETc.

T2: tratamiento con riego deficitario controlado 2. Reposición del 40% de la ETc.

El sistema de riego por goteo entrega una tasa de precipitación constante (2,33mm/h) mientras la válvula de riego se encuentra abierta; es por ello que, en el periodo de envero a cosecha, el tiempo de riego en cada tratamiento se ajustaron por:

$$Tr_{(T0)} = (ET0 * Kc * 1 - LL) / 2,33 \quad (4)$$

$$Tr_{(T1)} = (ET0 * Kc * 0,70 - LL) / 2,33 \quad (5)$$

$$Tr_{(T2)} = (ET0 * Kc * 0,40 - LL) / 2,33 \quad (6)$$

2.3 Sistema de Telemetría Agrícola

El sistema de “Telemetría Agrícola” integra diferentes dispositivos de electrónicos, comunicación, robótica e informática a fin de lograr la monitorización de variables de interés en campo y del equipo de riego (figura 3).

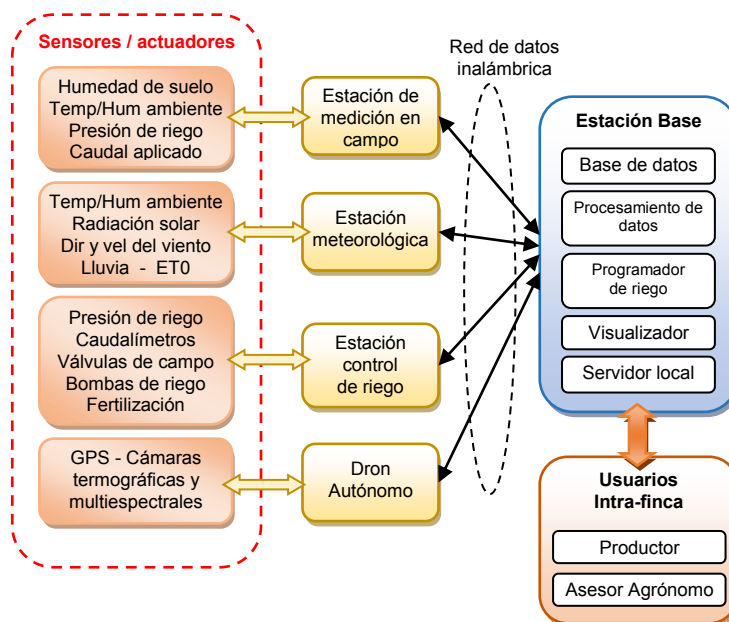


Fig. 3. Esquema general del sistema de “Telemetría Agrícola” implementado para la gestión y el seguimiento de tratamientos de riego en un cuadro de cultivo de tomate.

En cercanías del cuadro del cultivo de tomate se instaló una estación agrometeorológica marca Davis, modelo Vantage Pro II, para registrar las variables climáticas y estimar la ET₀ horaria requerida para determinar los tiempos de riego (figura 4,a).

Dentro del bloque 1, se instalaron 3 estaciones de medición de variables de campo, en la parte central de cada parcela de riego (figura 4,b), para monitorizar la evolución de cada tratamiento de riego. Cada estación posee un registrador de datos, 3 sensores de humedad de suelo (Decagon EC-5) situados a 20, 40 y 60cm de profundidad, un sensor de presión insertado en el lateral de riego, un sensor de temperatura y humedad ambiente a 150cm sobre el nivel de suelo, y un caudalímetro digital en la línea de riego para contabilizar el agua suministrada en la parcela.

En el cabezal de riego se instaló una estación de control y monitoreo de riego, la cual se basa en un Controlador Lógico Programable (PLC) (figura 4,c). Desde la estación se automatizan las operaciones de riego mediante el accionamiento de las electroválvulas de cada parcela de riego, las aplicaciones de inyección de fertilizante, y las tareas de retrolavado de los filtros. En la cañería principal del equipo de riego se instaló un caudalímetro digital y un sensor de presión para registrar el funcionamiento del equipo de riego y la correcta ejecución de cada operación de riego.

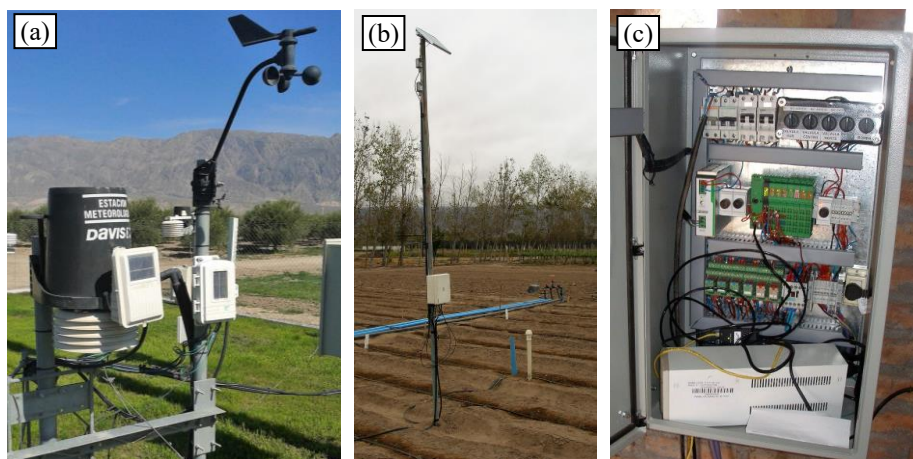


Fig. 4. Estaciones de medición estáticas instaladas en campo. (a) Estación agrometeorológica. (b) Estación de medición de variables en campo. (c) Estación de control y monitoreo del equipo de riego por goteo.

Dentro del sistema de Telemetría Agrícola, las estaciones de medición móviles están diseñadas para obtener información sobre el cultivo a mayor escala espacial. Se utilizó un cuatrirrotor, modelo Solo, de 3DR Robotics (figura 5,a). El cuatrirrotor está equipado con un autopiloto con capacidad de configurar una misión de vuelo (figura 5,b). Se montaron cámaras termográfica Flir VueProR 640 y multispectral Micasense RedEdge (5 bandas), para obtener las imágenes del cuadro cultivado [11].

Si bien, durante el periodo de ensayo se realizaron 8 vuelos para capturar las imá-

genes, en el presente trabajo solo se analizarán las imágenes obtenidas el día 28 de diciembre de 2017, lo cual se corresponde a 16 días de iniciado los tratamientos de restricción hídrica T1 y T2. El vuelo se realizó a las 13hs, a la altitud de 40m, velocidad de 5m/seg, y solapamiento de imágenes de 80% vertical y 80% horizontal.

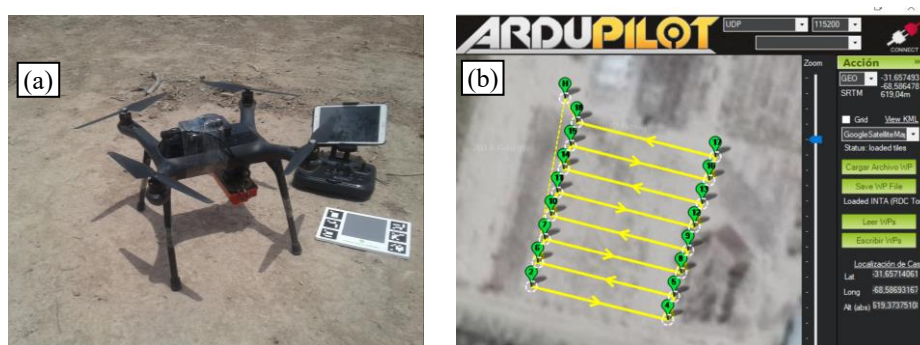


Fig. 5. Estación móvil de sensado. (a) Cuatrirrotor autónomo equipado con cámara multispectral y panel de calibración. (b) Planificador de vuelo Mission Planner utilizado para definir el recorrido, altitud y velocidad del dron.

Todas las estaciones de medición cuentan con un módulo de radiofrecuencia (en 470Mhz) que permiten la comunicación inalámbrica y transacción de datos entre los concentradores de datos y la estación base ubicada a 600m del ensayo. En la estación base, un programa informático coordina y administra los nodos; posteriormente los datos se organizan y almacenan en una base de datos relacional (MySQL). Un servidor de datos trabaja en ritmo 24/7 en conjunto con el módulo coordinador y de transacción de datos a fin de mantener ordenada y accesible toda la información del sistema de “Telemetría Agrícola” para ser consumida por otros módulos del sistema.

La interfase de visualización del sistema se accede mediante la página web del sistema <http://telemetria.inaut.unsj.edu.ar/inicio/> y posterior registro de usuario. Desde allí los responsables del ensayo monitorizaron las variables de campo y el funcionamiento del equipo de riego; con ello se evaluaron y realizaron las decisiones sobre la programación del riego a fin de mantener el régimen de cada tratamiento acorde a lo planificado y requerido. El sistema de visualización contó con un servidor local (en INTA) y un servidor en la Universidad Nacional de San Juan para acceso remoto.

3 Resultados.

Tal como se indicó anteriormente, la programación del riego para cada tratamiento se efectuó en base a la demanda diaria de ETc. El sistema presento de manera continua el nivel de ET0 y con ello se calculó el tiempo de riego. La figura 6,a muestra una gráfica donde el encargado de riego puede conocer la demanda diaria (línea roja); el

valor de Kc (línea naranja) se ajustó según las fases de desarrollo del cultivo del tomate. En la figura 6,b se representa la demanda diaria (en barras verdes) y acumulada durante la temporada en curso.

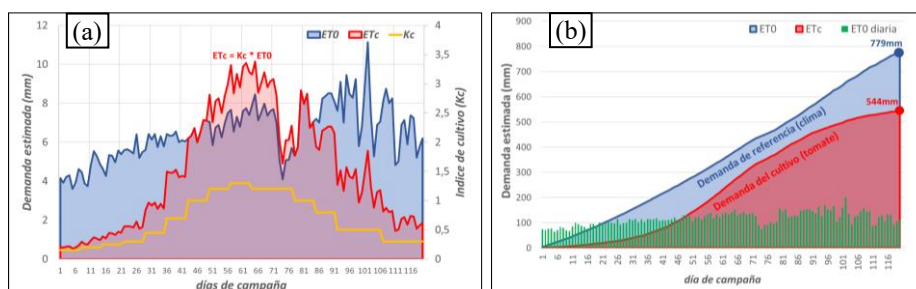


Fig. 6. Evolución temporal de la evapotranspiración de referencia (ET0) y demanda del cultivo (ETc). (a) Evolución de ETc en función de ET0 y coeficiente de cultivo (Kc) de tomate para todas sus fases de desarrollo. (b) Demanda acumulada a lo largo de toda la campaña.

Es importante conocer la evolución de la humedad del suelo a diferentes profundidades, especialmente en la zona radicular, ya que debe permanecer dentro de los niveles favorables para el desarrollo del cultivo. El análisis sobre la evolución diaria del nivel de humedad del suelo (figura 7,a) permite detectar aplicaciones de riego excesivas o deficientes que suelen ocurrir por una incorrecta estimación de ET0 o por considerar un valor de Kc erróneo para el periodo fenológico del cultivo.

El registro de la cantidad de agua suministrada en cada tratamiento y el nivel de presión en los laterales de riego son variables que, dentro de la gestión de las operaciones de riego, permitieron asegurar la aplicación del riego con gran precisión; en la figura 7,b se observa la evolución temporal de la cantidad de agua (acumulada) que fuese suministrada en cada operación de riego; diferenciándose al momento del inicio los tratamientos de riego a partir de la fase de envero (día 12/12/2017).

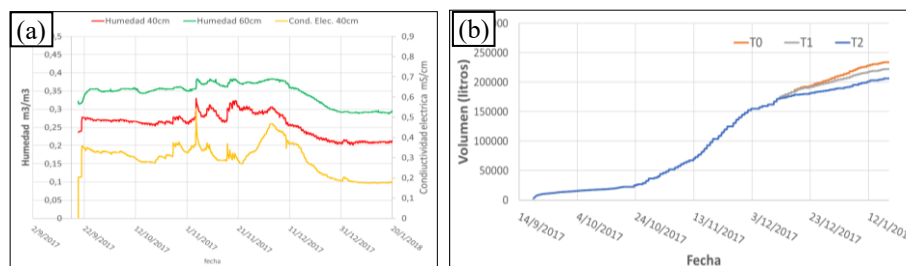


Fig. 7. Seguimiento de las aplicaciones de riego. (a) Evolución de variables en el suelo en el tratamiento testigo (T0); nivel de humedad a 40cm y 60cm de profundidad, y conductividad eléctrica a 40cm de profundidad. (b) Cantidad de agua aportada en cada tratamiento de riego

En resumen, el seguimiento del riego se efectuó inicialmente con la estimación de ETc se determinó el tiempo de riego para cada operación; luego de la aplicación, se analizó la evolución del nivel de la humedad en el suelo; finalmente se comprobó la cantidad de agua aportada para verificar que la operación de riego fuese la adecuada. Esta metodología aseguró la precisión del riego para cada tratamiento.

En complemento a la información obtenida de las estaciones de medición en campo, es necesario contar con información con mayor resolución espacial, para lo cual se efectuó el análisis de imágenes termográficas y multispectrales.

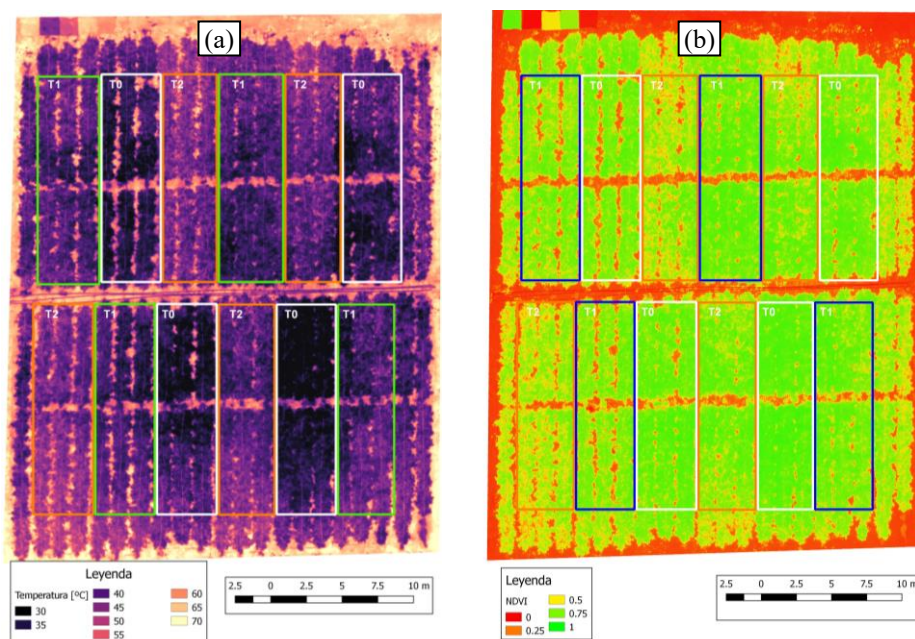


Fig. 8. Ortomosaico generado a partir de imágenes registradas desde un dron a 40m de altitud, día 28/12/2017 (a 16 días de iniciado los tratamientos de RDC). (a) Imagen termográfica. (b) Índice de vegetación diferencia normalizada (NDVI).

En el mapa de termografía (figura 8,a) se logra observar mayor temperatura en los cultivos donde se efectuó los tratamientos de RDC; se aprecia que la temperatura es un indicador sensible a los efectos de estrés hídrico [12]; este análisis se puede ampliar mediante el cálculo del índice de estrés hídrico del cultivo (en ingles CWSI). En la figura 8,b se presenta un mapa indicando los niveles del Índice de Vegetación Diferencial Normalizada (NDVI) del cuadro de tomate, donde se aprecia que dicho índice presenta poca sensibilidad a las condiciones de estrés hídrico en el tomate, por lo cual será conveniente investigar en trabajos futuros otra serie de índices que se ajusten a la identificación de zonas con estrés hídrico. El análisis agronómico y discusión sobre las parcelas de RDC en ambos mapas se presentará en futuros trabajos científicos.

En la tabla 1 se presentan los resultados de la producción de cada tratamiento. El rendimiento de fruto obtenido por hectárea se ha visto reducidos en los tratamientos

de restricción hídrica T1 y T2 en 13% y 26% respectivamente, de manera similar sucedió en la cantidad de frutos rojos. Mientras que la concentración de sólidos solubles (°Brix) no presenta cambios significativos entre tratamientos con valores superiores al requerido por la industria (5 °Brix).

Tabla 1. Resultados de la producción obtenida en la cosecha para cada tratamiento de riego.

Tratamiento de riego	Riego aplicado [mm]	Lámina aplicada [%]	Rendimiento [Kg/ha]	Diferencia rendimiento [%]	Tomates rojos [%]	Tomates defectos [%]	°Brix HM 7883	°Brix HM 1892
T0	648	100	143.113	-	86,6	13,34	5,33	5,65
T1	594	91,7	123.782	(-) 13	76,61	20,38	5,33	5,63
T2	537	83	106.225	(-) 26	71,97	28,02	5,50	5,98

4 Análisis sobre el sistema Telemetría Agrícola.

Se logró registrar y presentar los datos instantáneos e históricos relacionados con el manejo del equipo de riego, ejecución de las operaciones, cantidad de agua aplicada a cada tratamiento, y humedad del suelo a 20cm, 40cm y 60cm en tres parcelas. Al tratarse de un ensayo con reposición diaria del consumo hídrico del cultivo, resultado de importancia observar la evolución de la ET0 y la cantidad de agua aportada para evaluar el balance hídrico del suelo y calcular las próximas aplicaciones de riego.

Los usuarios accedieron fácilmente a la información del ensayo, tanto de manera local como remota a través de la conexión de internet. Al ser una aplicación web multiusuario, el sistema ha permitido compartir la información entre los distintos investigadores y productores, para lo cual se conformó un grupo de opinión en línea.

El sistema de control de riego mostró un alto grado de robustez. Los mensajes de alerta se registraron correctamente y fueron informados. Los instantes de inicio y período de duración de las operaciones de riego se cumplieron según lo establecido, por lo cual se logró la aplica precisa del riego a demanda en cada tratamiento.

5. Conclusiones

Las estaciones de medición en campo permiten registrar información en un punto de medición con alta resolución temporal (cada 10 minutos) pero baja resolución espacial. De manera contraria, los sistemas de información basados en el procesamiento de imágenes termográficas y multiespectrales del cuadro cultivado capturadas desde drones o satélites presentan alta resolución espacial pero baja resolución temporal. La combinación de ambas tecnologías genera nuevas herramientas de gestión en la agricultura moderna a fin de tomar decisiones adecuadas en el manejo de campo.

El procesamiento de las imágenes termográficas y multiespectrales permitieron identificar zonas donde el cultivo se encuentra bajo estrés hídrico, que pueden estar asociados al cálculo erróneo de la programación del riego y/o problemas de funcionamiento del sistema de riego instalado en la parcela.

Se evidencia la importancia de contar con tecnologías de medición y de control para monitorizar el estado del cultivo, operaciones de riego y condiciones climáticas en función de tomar decisiones correctas en base al análisis de la información registrada. Con la implementación del sistema de Telemetría Agrícola, en el tratamiento testigo, se obtuvo mayor producción y aumento en el contenido de sólidos solubles que el rendimiento promedio logrado por los productores locales, con menor aporte de agua.

En el orden agronómico, la aplicación de RDC generó la disminución de rendimiento y pérdida en la calidad de los frutos. No se observó variaciones significativas en los sólidos solubles a pesar de déficit hídrico; sin embargo, la genética varietal es la principal diferenciación de los sólidos solubles.

Agradecimientos

El trabajo se ha efectuado en marco del proyecto PIO N°84, “TELEMETRÍA AGRÍCOLA, una herramienta tecnológica para la gestión eficiente del riego, supervisión de cultivos, y generación de alertas” financiado por CONICET y SECITI del Gobierno de San Juan y contó con el apoyo de INTA EEA San Juan. Un especial agradecimiento a Tec. Hid. Mario Liota, Ing. Germán Babelis, Dr. Ing. Agr. Pierluigi Pierantozzi, Lic. Sonia Silva, Lic. Anibal Sarasua, Ing. Agr. Agustín Recabarren (de Tomate 2000), William Varela (alumno), y Lucas Iván Vera (alumno); quienes colaboraron en las tareas del ensayo de riego.

Referencias

1. Instituto de Automática: Proyecto de investigación “TELEMETRÍA AGRÍCOLA, una herramienta tecnológica para la gestión eficiente del riego, supervisión de cultivos, y generación de alertas. PIO #84, CONICET - SECITI San Juan. (2017)
2. Capraro F., Tosetti S., Mut V.: Telemetría Agrícola. Un acercamiento hacia las nuevas tecnologías disponibles en riego de precisión. 10° Congreso Argentino de Agroinformática (CAI 2018). 48 JAIIO. Buenos Aires, Argentina (2018)
3. Mollinedo, V. A. y Tapia, A. C.: Fertirriego del cultivo de Tomate. Estación Experimental de cultivos tropicales Yuto. INTA. (2008)
4. Noale, N.: Tomate para industria: revisión bibliográfica y selección de variedades en el Valle Medio de Río Negro. Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de La Plata. (2015)
5. IDR: Informe por especie: Tomate. Precios pagados a productor. Temporada 2014-2015 (2015).
6. Argerich, C.: Producción Integrada Tomate para industria. Directivas temporada 2015-2016. Asociación Tomate 2000. (2016)
7. Ferreyra Espada R. y García Huidobro J.: Riego del tomate: un déficit de agua en el cultivo hasta 28 días después de los riegos de establecimiento no afecta la producción. IPA La Platina N° 18, (1983)
8. CICYTEX: Manual práctico de riego para tomate de industria. Gob. de Extremadura. España. (2015)
9. Ortega-Farías, S.; Ben-Hur, L., Valdes, H., Paillán, H.: Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomates de invernadero producido en primavera-verano. U de Talca. Chile. (2002)
10. Doorenbos J. y Pruitt W. O.: Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, Roma, Italia. (1976)
11. Zhang C. y J. M. Kovacs: The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. An Int Jour on Advances in Precision Agriculture, pp.693-712. (2012)
12. Gonzalez-Dugo V., Goldhamer D., Zarco-Tejada P.J., Fereres, E.: Improving the precision of irrigation in a pistachio farm using an unmanned airborne thermal system, Irrig Sci 33:43-52; DOI: 10.1007/s00271-014-0447-z (2015)